

# 日の出山窯跡群出土瓦のけい光 X 線分析

馬 淵 久 夫・江 本 義 理

## 1. はじめに

近年、文化財や考古学試料の産地推定にさまざまな科学的手法が用いられるようになり、多くの研究成果が報告されている。その有力な指標の一つに元素の含有量がある。主成分元素や微量元素の存在度パターンを比較して、二つの成品の産地の異同を論じたり、一定地域の多数の成品と異質のものか否かを推定したりするのがこの手法である。このような場合、多数の試料の分析を必要とするため簡易で迅速な手段が重用される。

筆者らはさきに、けい光 X 線による瓦・土器中の鉄・ストロンチウムなど数種の元素の同時定量法を確立し報告した<sup>1)</sup>。この方法によると多数の試料を短時間に処理できるという長所がある。本報では宮城県日の出山窯跡群出土の古代瓦と同県多賀城跡より発掘された瓦の定量結果を報告する。比較のため他地域の粘土成品も数点分析したので、併せて報告する。なお、同一試料の放射化分析による定量結果は別に報告するので参照していただきたい<sup>2)</sup>。

## 2. 試 料

宮城県加美郡色麻村の通称日の出山付近からは、古くから古瓦や土器が出土していたが、昭和44年に開田工事中窯跡の存在が確認され、宮城県教育委員会企画の下に宮城県多賀城跡調査研究所による調査が行なわれた。その結果、日の出山には数地点の窯跡群があることがわかり、多数の瓦および須恵器が出土した。

### (a) 日の出山A地点窯跡群の瓦

試料番号	号窯	丸・平の別	参 照 記 号	試料番号	号窯	丸・平の別	参 照 記 号
1	1	平	RHNA AF13 堆 土 6910	11	6	平	RHNA AE07 堆 土 691025
2	1	丸	HNA AF13 堆 土 691024	12	6	平	RHNA AE07 堆 土 691025
3	3	平	RHNA 表 土 691023	13	6	平	RHNA AE07 堆 土 691025
4	3	丸	RHNA 表 土 691023	14	6	平	RHNA AF05 下層床 691006
5	3	平	RHNA AG11 堆 土 691027	15	6	平	記号なし
6	4	平	RHNA AE09 堆 土 691025	16	6	平	RHNA AF05 上部床 691030
7	5	平	RHNA AE07 堆 土 691025	17	7	平	RHNA 床敷瓦 691108
8	5	丸	RHNA AE05 上底面 691030	18	7	丸	RHNA AG03 下 層 691105
9	6	平	RHNA AD06 堆 土 691026	19	8	平	RHNA AE02 堆 土 691024
10	6	丸	RHNA AF05 堆 土 691026	20	8	丸	RHNA AE02 焼成床 691106

### (b) 多賀城跡の瓦

試料番号	丸・平の別	参 照 記 号
21	平	DTGV N165 表土 730926
22	平	DTGV N065 表土 731005
23	平	DTGV OP65 表土 731009

### (c) 現代瓦 (奈良 "瓦字")

試料番号	種 別	備 考
24	瓦	焼成品
25	粘土A	原料粘土の1
26	粘土B	原料粘土の2
27	粘土A+B	焼成前の原料

日の出山は砂礫乃至粘土を主体とした新第三紀層により構成され、標高76mの丘陵である。窯跡群はその東・西・南の斜面各所に分布している。今回の試料は、日の出山窯跡群のうち、最東端に位置する群であり、丘陵の西南向き斜面に築かれていたA地点で出土した瓦20点である。

多賀城は仙台市の東北約10kmに位置し、奈良時代に鎮守府および陸奥国府の置かれた所である。多賀城跡発掘調査により各種の瓦が出土した。今回はそのうち3点を分析した。

多賀城の瓦を焼いたと考えられる窯跡が周辺地域にいくつか存在する。その中の一つに多賀城の北北東25kmに位置する日の出山窯跡群がある。本研究では多賀城と日の出山窯跡の瓦

## (d) 三原田遺跡土器(群馬県)

試料番号	種 別
28	焼成土器
29	未焼成土器
30	未焼成土器と推定されるもの

表 1 瓦・土器のけい光X線分析定量値

元素 No.	Rb	Sr	Y	Zr	Fe	H <sub>2</sub> O
	ppm				%	%
1	77	93	12	171	4.2	1.2
2	85	87	25	168	4.3	1.0
3	59	80	27	141	4.8	2.4
4	103	109	23	173	4.4	2.0
5	74	91	25	154	7.7	1.4
6	108	70	23	149	3.0	2.6
7	85	102	27	188	4.4	2.1
8	95	102	27	190	4.3	1.5
9	79	93	19	185	4.9	1.4
10	97	72	4	156	3.1	1.8
11	79	98	27	165	7.1	2.1
12	95	98	35	192	5.1	1.8
13	62	87	8	155	5.0	2.6
14	97	126	23	211	4.5	1.3
15	115	117	35	197	4.7	0.7
16	105	102	33	183	4.6	0.9
17	100	122	29	198	4.9	1.1
18	100	130	21	198	4.2	1.1
19	87	111	25	180	4.6	1.5
20	64	87	33	172	3.7	3.2
21	79	78	33	197	3.8	1.2
22	62	107	23	199	5.2	2.0
23	56	98	29	205	4.9	1.6
24	115	117	40	173	3.7	0.6
25	105	91	8	163	3.1	8.3
26	62	46	10	87	2.0	12.3
27	79	67	25	95	2.9	10.9
28	33	89	19	63	4.0	19.0
29	36	111	2	68	4.9	26.0
30	31	78	2	43	4.5	14.5
計測誤差%	15	15	30	10	2	

の比較を目的としたが、他地域の粘土質成品がどのように元素組成の上で異なるかを知るために奈良の現代瓦と群馬県三原田遺跡出土の土器も分析した。試料に関する情報を表にまとめて示す。

### 3. 実 験

けい光X線装置は東芝社製 AFV-104F 型。管球は東芝社製 AFX-60A のタングステン管球を使用した。

各元素のピークはシンチレーターのパルス増幅回路により4ケづつ取り、平均値と標準偏差を求めた。その他の測定条件は前報に記したとおりである<sup>1)</sup>。

### 4. 結果と考察

測定結果を表1に示す。表の最下段は各元素の測定誤差(標準偏差)の最大%を記した。最右欄のH<sub>2</sub>Oとは灼熱減量から求めた水分の量である。灼熱の際に、FeO→Fe<sub>2</sub>O<sub>3</sub>という変化があり、重量に影響するはずなので、メスbauer分光測定の結果により補正した。焼成した瓦はすべて1~3%程度のH<sub>2</sub>O含有量であるが、粘土や未焼成土器はかなりの水を含む。後者の場合には、H<sub>2</sub>Oを除いたものを100%として含有量の比較を行なう必要がある。以下、表1のデータを基にし、上記のことを考慮して考察を進める。

#### (i) 日の出山瓦の母集団。

別報<sup>2)</sup>に示したように、日の出山瓦の元素含有量は多くの元素についてガウス分布に近い形の分布をし、一つの母集団と見なしてよいと思われる。そこで試料No.1~20の平均値、平均値からのばらつきの標準偏差、変動係数を求めた。表2がその結果である。

表2 日の出山窯跡瓦母集団の平均含有量

元 素	含有量平均値	標準偏差(σ)	変動係数*(%)	計測誤差(%)
Rb	88 ppm	16 ppm	18	15
Sr	99 ppm	17 ppm	17	15
Y	24 ppm	8 ppm	34	30
Zr	176 ppm	19 ppm	11	10
Fe	4.68%	1.09%	23	2
Fe(放射化分析)	4.73%	0.83%	18	3

$$* \text{変動係数} = \frac{\text{標準偏差}}{\text{平均値}} \times 100$$

表2からわかるように、鉄以外の元素は変動係数が計測誤差と同程度で、母集団内での真の変動がどうかはわからない。真のばらつきは表2の変動係数以下であろう。鉄については測定の精度が良いので変動係数23%は真のばらつきを表わすと考えてよい。参考までに別報<sup>2)</sup>の放射化分析による値を表2に付けたが、良い一致を示している。

#### (ii) 日の出山瓦と他地域試料との比較。

多賀城瓦と日の出山瓦との比較の前に、任意に選んだ他地域、すなわち奈良で現在製造している瓦(試料番号24)および三原田遺跡土器(試料番号28~30)の元素分布を日の出山母集団と比較してみることは有意義であろう。

図1はNo.24, 28, 29, 30の各元素含有量が日の出山母集団の平均値からどれだけ離れているかを図示したものである。離れの程度を表わすには母集団のばらつきの標準偏差σを単位にとった。図の中で2σラインを引いたが、これは、母集団のうち95%、すなわち母集団20

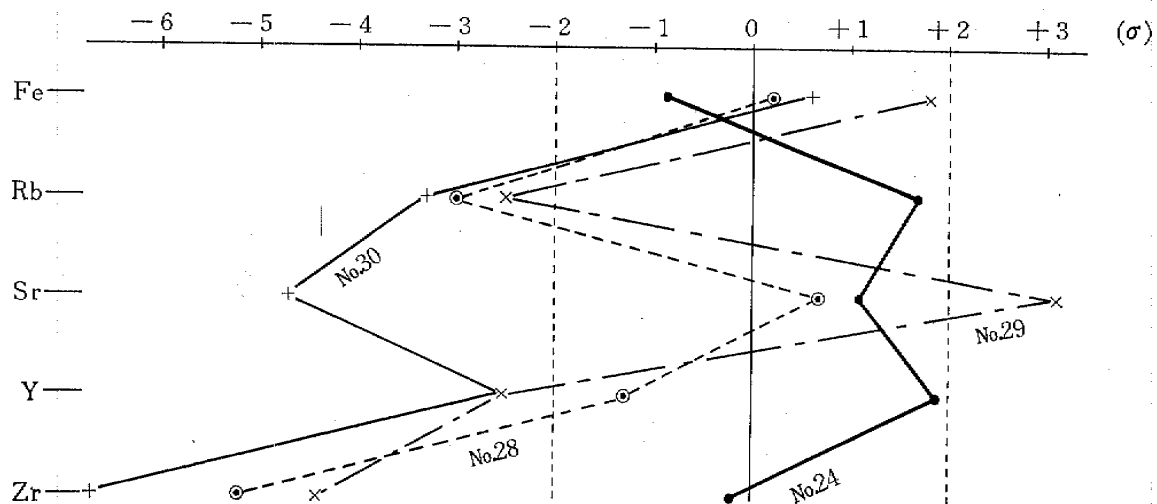


図1 日の出山瓦母集団と他地域粘土成品との比較  
 No. 24……………奈良の現代瓦  
 No. 28~30………三原田土器

試料のうち19試料はライン内に収まることを意味する。換言すると、一つの未知試料の含有量がラインの外にあれば、95%以上の確率でこの試料は母集団に属しないと云えることになる。

図1に見られるように、三原田遺跡土器は多くの元素が $2\sigma$ ラインの外にあり、母集団に属さないということが明らかであるが、奈良の現代瓦は5元素とも $2\sigma$ の内側にある。別報<sup>2)</sup>で報告したように、放射化分析による他の多くの元素でも $2\sigma$ ライン内に入り、日の出山母集団と類似した粘土を使っていると云える。わずかに希土類元素だけが異質なることを示している<sup>3)</sup>。これは数種の元素含有量だけで、産地の異同を論ずることの危険性を示している。

### (iii) 多賀城跡の瓦

試料番号21~23を図1と同様のプロットをしたのが図2である。図から明らかなように、今回の測定元素と測定精度では多賀城跡の瓦はすべて $2\sigma$ ライン内に収まり、日の出山母集団に属しないと云えない。放射化分析によっても同様の結果が得られているので、多賀城跡の瓦が日の出山で造られたという推論への反証は現在のところないと云ってよい。しかし積極的に「多賀城跡の瓦が日の出山で焼かれた」ということを証明するためには、近隣の他の窯跡の出土品との比較を行なわなければならない。

## 5. 結 語

けい光X線分析により測定したRb, Sr, Y, Zr, Feの5元素について多賀城跡瓦と日の出山窯跡群出土瓦の関係を考察した限りでは、放射化分析による結論以上のものは何も見出せなかった。今回のデータは表2からもわかるように計測誤差が鉄を除いては比較的大きく、そのために母集団内の各元素含有量がばらついたという面もあるように思われる。原子吸光法のような精度の良い手段を用いれば、同じ元素を測っても、新しい知見が得られるかも知れない。考古学的試料でも精度の

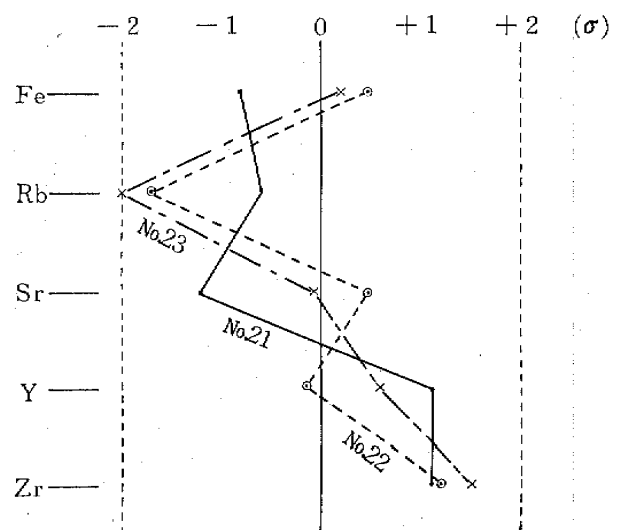


図-2 日の出山瓦母集団と多賀城跡瓦の比較

問題が無視できないという一つの例であろう。

- 1) 馬淵久夫・江本義理「けい光X線分析による土器・瓦中の鉄, ルビジウム, ストロンチウム, イットリウム, ジルコニウムの定量」保存科学 第16号, 1~5 (1977)
- 2) 馬淵久夫, 野津憲治, 堀井明, 不破敬一郎「日の出山窯瓦の放射化分析」考古学と自然科学 第10号 115~127 (1977)

## Analysis of Ancient Roofing Tiles from Hinodeyama Kiln Sites by X-ray Fluorescence Spectrometry

Hisao MABUCHI and Yoshimichi EMOTO

The contents of Fe, Rb, Sr, Y, and Zr were determined by X-ray fluorescence spectrometry in 20 ancient roofing tiles from Hinodeyama Kiln Sites (Miyagi Prefecture), 3 roofing tiles from the sites of Taga Castle (Miyagi Prefecture), 3 fragments of Jōmon potteries from Miharada site (Gunma Prefecture) and one modern roofing tile from a factory in Nara Prefecture. The results were discussed from the viewpoint of provenience study. Clearly different patterns, especially in Zr, were found between the Hinodeyama group and the Miharada group, while no significant difference was observed in the 5 elements between the Hinodeyama group and the Nara modern roofing tile. The 3 roofing tiles from the site of Taga Castle closely resemble the Hinodeyama group, suggesting the same provenience of the materials.